

Factores que influyen en la evaluación de parámetros de performance y escalabilidad para Clouds híbridos

Nelson R. Rodríguez, Francisca A. Valenzuela, María A. Murazzo, Susana B. Chávez, Adriana E. Martín

Departamento e Instituto de Informática, Universidad Nacional de San Juan
San Juan, C.P. 5400, Argentina
UNSJ, Cereceto y Meglioli
Rivadavia, San Juan, Argentina

RESUMEN

El avance notable de tecnologías como la computación distribuida, Internet y grid computing, han posibilitado que Cloud Computing forme parte de un nuevo modelo de computación y de negocios. Cloud Computing está transformando los modos tradicionales de cómo las empresas utilizan y adquieren los recursos de Information Technology (IT). Representa un nuevo tipo del valor de la computación en red. Entrega mayor eficiencia, escalabilidad masiva y más rápido y fácil desarrollo de software. Los nuevos modelos de programación y la nueva infraestructura de IT están impulsando nuevos modelos de negocios. Luego de un auge inicial de los Cloud Públicos las empresas han comenzado a montar Cloud híbridos que ofrecen las ventajas de Cloud Computing sumado a la privacidad de los datos que consideren estratégicos. En la actualidad, datos de sistemas propios están almacenados en servidores privados y muchos otros como sitios Web y servicios de e-mails se encuentran en algún proveedor remoto. Una solución de Cloud híbrido permite la integración de ambos sistemas. No obstante las ventajas expuestas, no se han realizado estudios profundos de escalabilidad y eficiencia. Tampoco se han definido parámetros para este tipo de soluciones, que permitan a los desarrolladores proponer la arquitectura más conveniente, o configurar los schedulers convenientemente.

Keywords: Hybrid Cloud Computing, Cloud Computing, Private Cloud Computing, Public Cloud Computing.

1. INTRODUCCIÓN

Día a día emergen distintos tipos de nuevas soluciones tecnológicas, que buscan aportar soluciones a diversas necesidades tecnológicas, una de ellas es el Cloud Computing la cual se ha popularizado notablemente en este entorno. Cloud Computing es un modelo para permitir el acceso conveniente a través de la red y en cualquier lugar, a un conjunto de recursos computacionales configurables (Ej. Redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y/o servicios) que pueden adicionarse o liberarse fácilmente con un mínimo esfuerzo por parte del proveedor del servicio.

Los sistemas basados en Cloud Computing han tomado relevancia en los últimos años, basta con comparar por medio de Google Trends las tendencias de búsqueda de términos y se puede observar que "Cloud Computing" ha sobrepasado

exponencialmente, esto demuestra que cada vez más personas tienden a tratar de entender este concepto, y encontrarle un uso.

Cloud Computing es un paradigma que permite el cómputo a gran escala mediante la abstracción de la complejidad de la plataforma de desarrollo y la infraestructura sobre la que se monta, esto se logra a través de la encapsulación del hardware, la compartición de recursos y la virtualización.

De esta manera es posible crear una plataforma agnóstica y escalable para el desarrollo de aplicaciones. Como característica principal es la capacidad de proporcionar al usuario diferentes modelos que se ajusten a los requerimientos de su aplicación, lo cual se realiza mediante interfaces de simple interacción.

Algunas empresas han montado sus propios Cloud privados para la gestión y administración de sus recursos, pero han sido ineficientes al momento de la escalabilidad exigiéndoles la migración a una arquitectura de Cloud híbrida. Esta migración presenta inconvenientes, tales como falta de provisión de QoS, deficiencias en las comunicaciones, falta de transparencia en la administración y gestión de los datos, seguridad, etc.

A pesar de estos inconvenientes las empresas logran independizarse de las complicaciones en la gestión de los recursos. De esta manera se podrá contar con una infraestructura tecnológica capaz de adaptarse evolutivamente a su proceso de negocio, apoyando sus estrategias de forma flexible y efectiva y a costos manejables.

Con respecto a los proveedores Cloud, grandes empresas como IBM, Windows, Oracle, Google, twitter, HP Hybrid Delivery, You Tube, Wikipedia, Picasa, Motorola, entre otras, han prometido aumentar la innovación y minimizar los costos, incrementando la agilidad de negocio. Entre los impulsores mas grandes Google está trabajando para la completa integración tanto de las pequeñas empresas como de las grandes Multinacionales. Por otro lado las Telco (Empresas de Telecomunicación) están ofreciendo servicios de Cloud Computing y anticipan que ofrecerán variados servicios para sus usuarios.

A pesar de los esfuerzos realizados por las empresas proveedoras de servicios y de recursos, no se debe dejar de lado las deficiencias que existen a la hora de

montar una arquitectura de Cloud híbrida, que pueda ser eficiente y efectiva. Por lo tanto, este trabajo analiza los distintos aspectos que hay que tener en cuenta para lograr la adecuada participación de los distintos componentes del Cloud privado y del Público y cuyo objetivo a mediano plazo es obtener parámetros que puedan ser evaluables para montar una solución basada en Cloud híbrido.

2. CLOUD COMPUTING

Cloud Computing (CC) está transformando los modos tradicionales de cómo las empresas utilizan y adquieren los recursos de Tecnología de la Información. Entrega mayor eficiencia, escalabilidad masiva y más rápido y fácil desarrollo de software.

Las formas tradicionales en que las empresas utilizan y adquieren los recursos tecnológicos han evolucionado con el auge de CC, ofreciendo mayor eficiencia, escalabilidad masiva y más rápido y fácil desarrollo de software [1].

CC representa un modelo de prestación de servicios de negocio y tecnología que permite a cualquier usuario acceder a un catálogo de servicios estandarizados y responder a las necesidades de su negocio de forma flexible y adaptativa, en caso de demandas no previsible o de picos de trabajo, pagando únicamente por el consumo efectuado.

No es un desarrollo revolucionario reciente, sino el resultado de la evolución de varias tecnologías tales como utility computing, computación bajo demanda, computación elástica y grid computing [2].

Hasta el surgimiento de CC, unas de las grandes dificultades eran los problemas que suscitaba la creación de infraestructuras para atender demandas de cómputo no previsible, debido a que esto implicaba una gran inversión y poca certeza sobre los resultados que ofrecería ante incrementos en la demanda. Es casualmente la elasticidad de este tipo de computación lo que hace a los Cloud mas escalables, permitiendo la adquisición de recursos bajo demanda y la liberación de los mismos cuando ya no se necesitan.

Entre las problemáticas que surgen respecto a la apropiación de la tecnología CC, cabe destacar la confidencialidad de los datos y otras cuestiones que en general son inherentes a qué debe ser público y qué debe ser privado. Así, un cloud privado puede configurar la confidencialidad de los datos en función de las necesidades de los usuarios, pero la escalabilidad de este cloud privado puede verse limitada. Esta limitación tiene que ver con la forma en que se suministran los recursos. Si los recursos del Cloud privado están ocupados en el cumplimiento de solicitudes, las nuevas solicitudes se deben mantener en cola de espera para procesar más tarde. Una de las alternativas que se presentan, es el uso de un Cloud híbrido.

En un Cloud Híbrido se combinan las dos propuestas anteriores. Se posee un Cloud privado que se amplía mediante uno público por necesidades de escalabilidad. No obstante, añaden la complejidad de

determinar cómo distribuir las aplicaciones a través de estos ambientes diferentes.

Estas soluciones híbridas, van creciendo rápidamente, debido a los beneficios que ofrecen a las empresas.

3. HYBRID CLOUD COMPUTING

Un Cloud Híbrido representa una forma de implementación cuya infraestructura se caracteriza por aunar dos o más formas de clouds (privado, comunitario o público), los cuáles continúan siendo entidades únicas interconectadas mediante tecnología estandarizada o propietaria, tecnología que permite la portabilidad de datos y aplicaciones (ej. el rebalanceo de cargas entre nubes) [3].

Los números confirman la importancia de Cloud Computing y del modelo híbrido en particular. Según un informe de Ca technologies [4], El 74% de las compañías han implementado servicios de Cloud híbridos, se espera que la inversión en Cloud públicos será de 73B de U\$S para el 2015, el 88% de las Aplicaciones Comerciales Empresariales se están moviendo al Cloud y además el 30% del presupuesto de TI está dedicado al Cloud.

NIST define una infraestructura de Cloud híbrido como: "Una composición de dos o más infraestructuras distintas de Clouds (privado, comunitario o público) que siendo entidades únicas están unidas por tecnología estandarizada o propietaria que permite la portabilidad de datos y aplicaciones" [5].

La figura que aparece a continuación (figura 1), se muestra gráficamente un Cloud híbrido integrado por ambos Clouds y en cada uno sus propios IaaS, PaaS y SaaS.

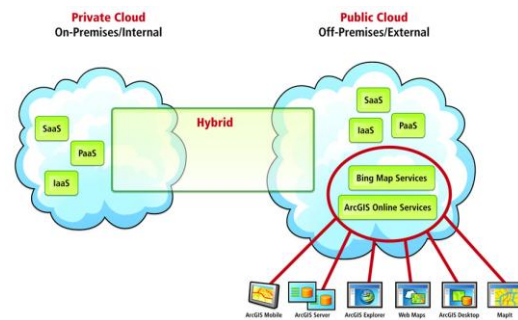


Figura 1. Cloud Híbrido

Como dificultad se puede inferir que un Cloud híbrido implica mayor complejidad al momento de encontrar la solución cloud, por cuanto debe integrar formas distintas de implementación de servicios en la nube. Pero esto trae como ventaja la posibilidad de integrar las mejores características de cada una de las implementaciones consideradas.

Así, en un entorno híbrido es posible aprovechar la escalabilidad y rentabilidad inherentes a los Cloud públicos, sin los riesgos asociados a la externalización de aplicaciones críticas de negocio. Del mismo modo, es posible aplicar algunas restricciones con vistas a permitir el acceso a la información a unos y no a otros, sin que se vea

afectada la velocidad a la que los datos se pueden ver o compartir.

Decidir qué es lo que mejor se adapta de un entorno híbrido para una función de negocio particular, depende completamente de la información destinada al usuario, la frecuencia de acceso requerida, la necesidad de integrar en otras áreas de negocio, y de cómo necesita ser almacenada la información de acuerdo a las normativas [6].

Los modelos de despliegue híbridos presentan una serie de problemas para estudiar y resolver como son: gestión de configuración, el control de cambios, la seguridad específica para el Cloud híbrido, la gestión de fallos, la gestión presupuestaria, reusabilidad, gestión de réplicas y extensibilidad, entre otras.

4. PARAMETROS A EVALUAR

Ante la evolución tecnológica constante surgen algunas preguntas como: ¿Cómo una cosa tan pequeña evoluciona tanto? ¿Esta evolución hace que los límites entre los distintos equipos que antes existían se pierdan? ¿Cómo puedo hacer previsiones para garantizar que una infraestructura tecnológica y de servicios dure la mayor cantidad de tiempo posible?

A continuación se describen los avances que impactarán más fuertemente en hybrid Cloud Computing y que producirán profundos cambios en el departamento de TI de las organizaciones. Estos son:

Virtualización

No solo se produce la virtualización a nivel de Sistema Operativo, sino los diversos componentes del Cloud Híbrido se encuentran virtualizados. En caso del Cloud Público suelen existir opciones de solicitar el uso de los recursos físicos en vez de los virtualizados, por supuesto a otro costo, pero el concepto de virtualización es el que predomina en el Cloud.

Para hacer posible CC es importante hacer uso de conjunto de tecnologías subyacentes, servicios, y configuraciones a nivel de infraestructura. Una de las tecnologías más importantes es la virtualización.

La escalabilidad como característica primordial de un Cloud está íntimamente vinculada a las técnicas de Virtualización. Un Cloud es escalable cuando puede responder a una petición de un usuario. Así, frente a un requerimiento de mayor capacidad de cálculo por parte de un usuario en momentos de un pico de requerimientos, se despliega una nueva máquina virtual sobre la infraestructura física existente.

Para la construcción de ambientes Cloud que gestionen nodos de virtualización existen distintas herramientas, algunas de ellas open source, que permiten crear y gestionar las nubes ubicadas en la capa de IaaS, ya sean públicas, privadas, comunitarias o híbridas. Estas herramientas proveen funcionalidades para desplegar, monitorizar y controlar máquinas virtuales. Son ejemplos de esto OpenNebula [7], OpenStack [8], Eucalyptus [9]. Hay una decisión a evaluar.

En el contexto de la virtualización, es importante seleccionar los hipervisores o Monitores de Máquina Virtual (Virtual Machine Monitor) que permiten la gestión de múltiples nodos de virtualización. Hay múltiples tecnologías de virtualización, algunas libres otras propietarias. Ejemplo de ellas son KVM [10], XEN, VMWare, VirtualBox. La elección de una u otra tecnología depende de que herramienta se usará para construir la nube, por ejemplo OpenNebula soporta los hipervisores KVM, XEN, VMWare. Acá hay nuevas decisiones a evaluar.

Una vez elegido la herramienta para desplegar el Cloud, la selección de uno u otro hipervisor dependerá de muchos factores. Una buena comparativa de estos hipervisores la expone Younge Andrew et. al. 2011 [11].

Una de las cuestiones que influyen en esta elección es la posibilidad de migración de la máquina virtual en funcionamiento de una máquina a otra. Por ejemplo, Xen y Virtual Machine Manager permiten la migración siempre que las máquinas de origen y destino soporten alguna distribución de Linux. Otras de las cuestiones se enfocan en las plataformas, se debe tener en cuenta que algunas tecnologías como VirtualBox puede funcionar en cualquier plataforma disponible, mientras que para otras tecnologías la situación cambia radicalmente. Por ejemplo, Xen, KVM y Virtual Machine Manager tan sólo pueden trabajar bajo sistemas con distribuciones de Linux. Como puede verse nuevamente al momento de elegir el hipervisor hay muchas decisiones a evaluar.

IaaS, PaaS y SaaS

Esta capa del Cloud Computing, representa la evolución de la infraestructura clásica de servidores físicos en las empresas al sustituirlos por servidores virtuales con ubicación en la propia empresa (Cloud privada) o Internet (Cloud pública).

En algunos casos la utilización de IaaS público, en la empresa se plantea como una paulatina eliminación de los servidores físicos propios y su sustitución por servidores virtuales ubicados en Data Centers remotos. Esta solución redonda de forma inmediata en importantes ahorros de costos. Actualmente la migración de los recursos entre unas plataformas y otras no suele ser fácil y, a pesar de que esta característica se muestra muy interesante para los usuarios, actualmente no se encuentra muy extendida.

La determinación de una tecnología de IaaS debe ser una de las decisiones más importantes, la misma debe estar basada en un profundo y minucioso análisis de acuerdo a criterios o parámetros de comparación.

En la actualidad existen en el mercado una gama variada de tecnologías de IaaS que son bastante populares y de gran importancia,

Algunos de los proyectos más destacados en la actualidad para construir infraestructura de cloud son: OpenStack, Eucalyptus, CloudStack, Nimbus y OpenNebula

Cuando una empresa decide implementar un IaaS, logra que los equipos de desarrollo se auto provisionen de la infraestructura necesaria para sus proyectos.

Por otro lado también han aparecido varios PaaS apropiados para su uso en modelos de despliegue híbridos. Por ejemplo; IBM está abriendo su extenso portafolio de software empresarial a la nube y está lanzando una nueva plataforma beta abierta con nombre de código BlueMix. Una Plataforma-como-servicio (Platform-as-service (PaaS)) que combina la fortaleza del software de IBM y las tecnologías abiertas y de terceros. Por otra parte Red Hat ofrece una plataforma como servicio abierta con algunas ventajas como: acceso a plataformas y lenguajes abiertos, aumento de la productividad de los desarrolladores gracias a los flujos de trabajo mejorados, proporciona herramientas para gestionar los procesos de desarrollo y la integración y facilita el escalado automático de las aplicaciones en un entorno compartido de varios proveedores.

Es evidente que pueden existir diferencias entre plataformas abiertas y propietarias en cuanto a la escalabilidad y la performance, y poder valorizar estas propiedades resultará dificultoso.

En cuanto a SaaS aplicados a modelos híbridos las cantidad de software disponible es variada entre ellas: soluciones de protección antimalware, soluciones de correo, compras online y otras. SaaS no debería afectar considerablemente las propiedades evaluadas, dado que no resulta tan dificultoso sustituir una solución por otra.

Comunicación y Redes

El soporte de red es sumamente importante pero difícil de evaluar. En el Cloud público suelen existir estadísticas de uso y permiten configurar algunos de los parámetros. Pero también hay que recordar que entre el Cloud público y privado está Internet, que ofrece un servicio de mejor esfuerzo.

El tema de las comunicaciones es de vital importancia cuando se habla de CC, pero se necesita hacer la diferenciación si se trabaja en un Cloud público, uno privado o uno híbrido. En el caso del Cloud privado las comunicaciones están totalmente parametrizadas, pues se está trabajando sobre una infraestructura de red LAN, la cual brinda un throughput adecuado para realizar el trabajado deseado.

Cuando se trabaja con un Cloud público, las comunicaciones se convierten en un cuello de botella, pues es imposible cuantificar los retardos incurridos en el acceso al Cloud desde un cliente vía Internet. Este problema se agrava cuando se está accediendo mediante dispositivos móviles, debido a la naturaleza impredecible de las comunicaciones inalámbricas.

Además, otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de servicio al que se quiere acceder, no serán los mismos tiempos de acceso para consumir servicios que para el uso de bases de datos virtualizadas o para desarrollar en plataformas en el Cloud. En este

sentido es necesario con una infraestructura de comunicaciones capaz de brindar los recursos necesarios para que la satisfacción del usuario en el acceso al Cloud sea adecuado.

Por último, cuando se trabaja en un cloud híbrido, donde parte del trabajo se realiza en forma local y parte en Internet es necesario cuantificar las diferencia en los retardos existentes con el objeto de lograr una sincronización global del trabajo, de esta manera será posible bajar la latencia incurrida en los accesos remotos.

Sin importar el SaaS, el PaaS o el IaaS que se esté usando es necesario con una adecuada infraestructura de comunicaciones, en lo que se refiere al ancho de banda y muy especialmente al throughput.

Teniendo en cuenta que cuando se utiliza Cloud la virtualización es el aspecto distintivo, y la red no escapa a aplicación de estas estrategias. Las Redes Definidas por el Software (SDN), ofrecen la posibilidad de programar los recursos de la red vía un controlador software externo, desacoplando los planos de conmutación y de control, extrayendo éste último de los elementos de red, que pasan a estar virtualizados, como un fabric único, en el que las aplicaciones pueden demandar los recursos que necesiten. Sin embargo el impacto que puede tener la topología resultante puede ser significativa dado que algunas estructuras adaptadas para Big data como fat tree difieren de otras que priorizan el balanceo de carga en cuanto a los valores que arroja de performance y escalabilidad. [12]

QoS

La Calidad de servicio (Quality of Service, QoS), se refiere a la garantía de proveer un servicio con cierto grado de fiabilidad en la transmisión de información, a través de una red. Dicho de otra manera, es la capacidad que posee una red para proveer servicios diferenciados para aplicaciones con diferentes requerimientos de recursos. Teniendo en cuenta esto es necesario identificar el tráfico generado por aplicaciones con fuertes restricciones en lo que a recursos respecta, por ejemplo las aplicaciones que involucran transferencia de voz y video, como VoIP o streaming tienen restricciones estrictas de pérdidas de paquetes y retardo extremo a extremo.

En función de esto, es necesario poseer un soporte adecuado para aquellos servicios que deban ser consumidos con algún tipo de restricción de recursos. Cuando se trabaja en una plataforma de CC, los recursos son compartidos y virtualizados; y pueden ser reconfigurados para una optima administración. Es por esto que se hace necesario contar con un soporte de QoS para el usuario y el proveedor de los servicios que provea una planificación de los recursos existentes. Esto se puede lograr usando SLA (Service Level Agreements) para asegurarle al usuario que obtenga los recursos por los que pagó.

Todos los grandes proveedores de Cloud (Amazon Google, etc.) ofrecen QoS de mejor esfuerzo y la más básica garantía de disponibilidad y performance de recursos, por lo que el problema de ofrecer un

adecuado soporte de QoS es un tema abierto y aun sin soluciones.

Seguridad

La seguridad, protección, disponibilidad y tolerancia a fallos impactan directamente en la performance y en la escalabilidad de los Clouds híbridos.

Los Clouds privados pueden proveer la mayoría de la funcionalidad de seguridad para los datos de usuario, pero carecen de escalabilidad, por otro lado el Cloud público puede satisfacer la demanda de escalabilidad. Los Cloud híbridos pueden proveer tanto la seguridad y la escalabilidad al mismo tiempo. Sin embargo, todavía hay algunos problemas sobre la seguridad de los datos, ya que cuando el usuario se extiende su aplicación a la nube pública, el proveedor de Cloud computing podría acceder los datos privados de los usuarios [13].

Las estrategias para proteger los datos de los usuarios en el Cloud Público pueden ser de cifrado simple (extremo a extremo) o virtualización multinivel (y el cifrado multinivel). En el primer caso, el cifrado solo se basa en que se puede confiar en el Cloud Privado y lo que se puede confiar en el Cloud Público. Así se podrían almacenar los datos en la nube privada directamente. El cifrado único supone que se cifran los datos cuando los mismos son trasladados al Cloud público desde la arquitectura privada, utilizando los algoritmos de cifrado individuales.

En condiciones normales, la plataforma en el Cloud incluye la máquina virtual, sistema de la operación de invitados, y las aplicaciones de los usuarios, y por supuesto se debe brindar seguridad a todos estos componentes.

El modelo de virtualización multi-nivel mejorado añadió otra capa del entorno en tiempo de ejecución. El entorno de tiempo de ejecución adicional podría proporcionar la capacidad para controlar el permiso para acceder a los datos de los usuarios. Este entorno de tiempo de ejecución debe proporcionar por sí mismo al usuario este control de permisos y debe ser independiente del sistema de gestión de la plataforma de proveedor de Cloud Computing.

El cifrado único es fácil de conseguir, sin embargo, si los datos son cifrados, para las aplicaciones en el Cloud público resulta difícil reutilizar los datos, no pueden ser extraídos, por ejemplo, porque el algoritmo de cifrado está diseñado por el usuario, la aplicación de la parte privada puede dificultar la funcionalidad al cambiar al Cloud del proveedor.

La virtualización multi-nivel contiene un entorno de tiempo de ejecución que podría causar la pérdida de rendimiento y aumentar la complejidad del sistema, y con el fin de garantizar la capacidad de traspaso entre diferentes proveedores de Cloud Computing, es importante estandarizar la interfaz de entorno en tiempo de ejecución.

La interfaz de autenticación es una solución simple y también efectiva cuando los usuarios necesitan combinar proveedores de PaaS y SaaS. Y también se

encuentra con el mismo problema en la virtualización multinivel y en la normalización de la interfaz.

La falta de recursos y otras fallas pueden aumentar debido a la heterogeneidad y complejidad del Cloud híbrido. Tales fallas pueden ocasionar una degradación frecuente en la performance y pueden causar rechazo a los requerimientos.

Las plataformas de Cloud usan comúnmente técnicas tolerantes a fallos aplicando checkpoint, lo cual es eficiente en términos comerciales. Sin embargo los puntos de chequeo incrementa el tiempo de ejecución y en consecuencia se incrementan los costos, pero estos costos se reducen si se pasa rápidamente al Cloud privado [14].

En las plataformas de Cloud Híbrido debido a la complejidad de la topología de la red y a la enorme cantidad de recursos, el nodo virtual puede ser migrar, y por lo tanto es dificultoso que el punto de chequeo pueda resolver la ocurrencia de algún fallo.

Otras Consideraciones

El Cloud híbrido ofrece tanto una solución en las instalaciones, así como la capacidad de moverse al Cloud público, si decide por algo así como la recuperación de desastres, equilibrio de carga, o la capacidad de ruptura. Las empresas están adoptando la idea de tener Clouds públicos y privados para obtener la flexibilidad que esta solución ofrece, así como la facilidad con la que ahora se puede ofrecer recursos como portales de autoservicio para los usuarios finales.

5. CONCLUSIONES

Como ya se ha mencionado en el documento, las empresas están haciendo una importante inversión en Cloud Computing, lo cual determina que es un modelo en el cual se van a migrar gran cantidad de recursos de IT.

Las soluciones de despliegue híbrido proporcionan las ventajas de los Clouds que combinen, en general Público y Privado.

Pero esta interrelación presenta muchos factores que degradan la performance y que pueden ser determinantes cuando se decide escalar.

El desafío es encontrar parámetros que nos permitan evaluar estos factores, a pesar de que los componentes (IaaS, PaaS, DaaS, herramientas de virtualización, de despliegue, etc.) son de distintos fabricantes y pueden tener características intrínsecas que impidan una valoración adecuada.

7. REFERENCIAS

- [1] Rodríguez, Murazzo, Chávez, Valenzuela, Martín, Villafañe. Aspectos claves para el desarrollo de aplicaciones para Mobile Cloud Computing I JCC. UNLP. Jun. 2013. La Plata- Bs As.
- [2] Rodríguez, Murazzo, Villafañe, Valenzuela, Martín, Chávez. Una propuesta para la incorporación de Cloud Computing en la currícula de Grado. XiX CACIC. Oct. 2013. Mar del Plata. Bs As
- [3] Cloud Computing. Retos y Oportunidades. Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. 2012.

- [4] Leonardo Guerrero R, ca technologies. Como Obtener beneficios del Cloud Computing y del SaaS. <http://www.giratechnologyday.com/costa-rica/presentaciones/saas-ca.pdf>
- [5] NIST Special Publication 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- [6] Paccini, Fernando. Convertir en práctica la nube híbrida. Revista Cloud Computing. Setiembre 2012. <http://www.revistacloudcomputing.com/>
- [7] OpenNebula <http://opennebula.org>
- [8] Openstack. <http://www.openstack.org/>
- [9] <https://www.eucalyptus.com/>
- [10] KVM Kernel Based Virtual Machine, Disponible en <http://www.linux-kvm.org>
- [11] Younge, A., Henschel, R., Brown, J., von Laszewski, G., Qiu, J., Fox, G. (2011). Analysis of Virtualization Technologies for High Performance Computing Environments. 2011 IEEE 4th International Conference on Cloud Computing
- [12] Thomas Nadeau, Ken Gray. SDN Software Defined Networks. O'Reilly. 2013.
- [13] Jingxin K. Wang, Xinpei Jia. Data Security and Authentication in Hybrid Cloud Computing Model. 2012 IEEE Global High Tech Congress on Electronics. Nov. 2012.
- [14] Min Lu, Huiqun Yu. A Fault Tolerant Strategy in Hybrid Cloud Based on QPN Performance Model. Information Science and Applications (ICISA), 2013 International Conference on. Junio 2013.